

Crystallography and ageing effect associated with thermoelastic martensitic transformations

著者	Murakami Yasukazu
内容記述	Thesis (Ph.D. in Engineering)--University of Tsukuba, (A), no. 1534, 1996.3.25
発行年	1996
URL	http://hdl.handle.net/2241/6351

氏 名(本 籍)	むら 村 上 泰 和 (埼 玉 県)
学 位 の 種 類	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 1,534 号
学位授与年月日	平 成 8 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審 査 研 究 科	工 学 研 究 科
学 位 論 文 題 目	Crystallography and Ageing Effect Associated with Thermoelastic Martensitic Transformations (熱弾性型マルテンサイト変態の結晶学と時効効果に関する研究)
主 査	筑波大学教授 工学博士 大 塚 和 弘
副 査	筑波大学教授 工学博士 水 林 博
副 査	筑波大学教授 理学博士 大 嶋 建 一
副 査	筑波大学助教授 工学博士 宮 崎 修 一
副 査	帝京大学助教授 理学博士 大 庭 卓 也

論 文 の 要 旨

著者の学位論文は大きく分けて二つの部分からなっている。第一は熱弾性型マルテンサイト変態（以降 M 変態と略記）の結晶学に関する問題であり，第二は熱弾性型 M 変態の時効効果並びにゴム弾性的挙動の機構に関する問題である。

まず第一の問題から述べると，M 変態の結晶学的理論に Wechsler-Lieberman-Read と Bowles-Mackenzie によって発展させられた「現象論」と呼ばれる優れた理論があり，多くの合金系でこの理論の成り立つことが明らかになりつつあるが，次の二つの合金系，Ni-Al 合金における B2-14M (7R) 変態と Au-Cd 合金における $\beta 2$ (B2)- $\zeta 2'$ (三方晶) 変態については，未だ未解決である。前者はフォノン・ソフニング等興味深い物性とからんで最近話題の M 変態であり，後者は40年前から問題にされながら，実験困難のため今以て未解決の問題である。前者の B2-14M 変態については，X 線回折と精密な解析によりこの変態に特徴的な晶癖面，母相-M 相の結晶方位関係等を精密に測定し，「現象論」を用いて計算した結果と良く一致することを示した。又この M 変態の形態に関する自己調整機構に関しても，「現象論」の計算結果を用いて詳しく解析を行い，従来言われていた「ダイヤモンド型形態」は正しくないことを示すと共に，「平行四辺形型形態」と呼ばれる新しい自己調整機構を提唱し，理論的にも無理のないことを明らかにした。この結果はこの合金だけでなく，他の合金系でも成り立つ一般的な成果と思われる。Au-Cd 合金における $\beta 2$ - $\zeta 2'$ (三方晶) 変態についても，X 線回折と二面解析で晶癖面，双晶面の精密な測定を行うと共に，格子不変変形は従来の報告とは異なり， $\{100\}$ $\beta 2$ 双晶であることを明らかにすると共に，「現象論」の計算を行い，理論と実験の間に良い一致をみた。理論と実験の間に良い一致をみた根本的な理由としては，この型の変態では変態歪が小さいために，計算結果が格子定数の値に敏感に依存するため，X 線 4 軸回折計により母相と M 相の格子定数をほぼ同じ温度で精密に求めることができたことによる所が大きい。こうして40年振りにこの問題を解決することができた。

第二の部分は，熱弾性型 M の時効とゴム弾性的挙動に関する問題である。M の時効効果とは，変態 M 状態で時効すると，逆変態温度 (A_f 点) が上昇していく問題で，形状記憶合金の応用上ゆゆしき問題である。一方ゴム弾性的挙動とは，変態直後変形すると塑性的性質を示すのに，変態後 M 状態で時効すると擬弾性的性質を示

すようになる現象である。これらは60年近くも前に見い出されながら、今以て何が原因でこのような奇妙な性質が現れるのかさえも分かっていない難しい問題である。著者は $\beta 2(B2)-\zeta 2'$ （三方晶）変態する Au-49.5at%Cd 合金単結晶と $\beta 2-\gamma 2'$ （斜方晶）変態をする Au-47.5at%Cd 合金結晶を用いて、それらの起源を明らかにするため、X 線 4 軸回折計、DSC（示差走査熱量計）、引張試験、光学顕微鏡観察、電気抵抗測定、内耗測定等広範な手法を用いて詳細な研究を用い、以下の結果をえた。まず時効効果とゴム弾性的挙動の実験結果の比較を行い、これらの現象がほぼ同じタイム・スケールで起こることから、これらの現象の起源は同じであることを指摘した。次にこれらの現象がMの単結晶状態でも起こることを確認し、これらが双晶界面のピニング効果ではなく、体積効果であることを明らかにした。続いて時効温度を変えた実験データの解析から、この現象の活性化エネルギーは0.44eVであることを導出し、空孔の移動の活性化エネルギーに対応することを指摘した。又4軸回折計による時効実験から、時効による平均構造の変化はないことを確認した。これらの結果に基づいて、これまで提案されている多数のモデルの検証を行った結果、丸川等により提唱された“short range order”モデルか鈴木により提唱された“strain dipole”モデルのみが可能性のあることを指摘した。もしこれらが正しいければ、X線散漫散乱で検出できる可能性があるが、4軸回折計による詳しい測定でも検出できなかった。又後者の立場に立てば、内耗で緩和型のピークが検出できる可能性がある。実際に実験を行い、M変態に伴う λ 型にピークともっと低温でブロードなピークを見い出したが、緩和型かどうか断定するには至っていない。以上二つのモデルのいずれが正しいかを実験的に決定するには至っていないが、この現象の重要な特徴を明らかにし、これらの現象の機構を解明するための重要な指針が得られたといえることができる。

審 査 の 要 旨

著者は、マルテンサイトの自己調整形態について新しい機構を提唱すると共に、40年来未解決だった Au-Cd 合金における $\beta 2-\zeta 2'$ （三方晶）変態の結晶学を解決し、M変態の結晶学に重要な貢献をしたと評価してよい。時効効果及びゴム弾性的挙動については、機構解明迄には至らなかったが、これらの現象の重要な特徴を明らかにし、問題解明に対し重要な指針を与えたという点で今後の発展のために大きな寄与をしたと評価できる。以上のように著者は研究上で優れた成果を挙げただけでなく、研究発表及び論文執筆（英文も含めて）においても非常に優れており、既に一人前の研究者として独り立ちできる状況にある。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。